

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002148468
PUBLICATION DATE : 22-05-02

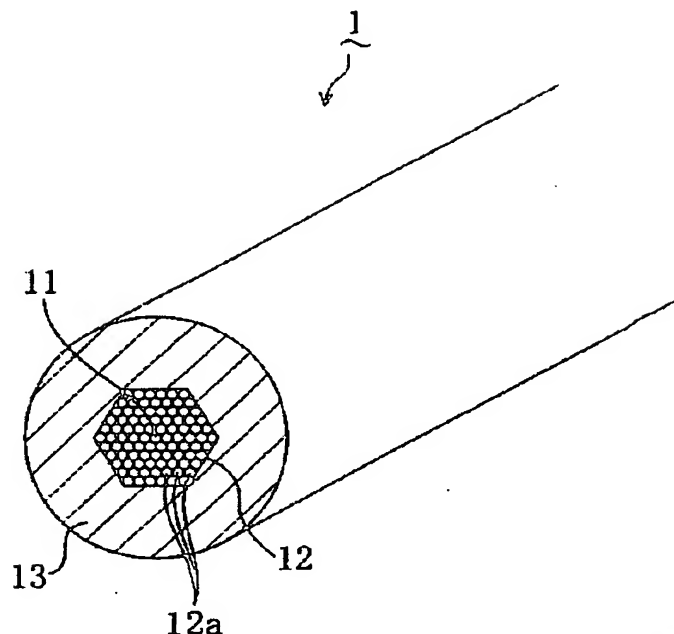
APPLICATION DATE : 09-11-00
APPLICATION NUMBER : 2000341754

APPLICANT : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>;

INVENTOR : KAWANISHI SATOKI;

INT.CL. : G02B 6/255 G02B 6/10 G02B 6/20

TITLE : METHOD FOR FUSION SPLICING
PHOTONIC CRYSTAL FIBER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To surely fusion splice photonic crystal fibers without breaking the structure of their porous parts.

SOLUTION: When the end parts of a pair of fibers each being a photonic crystal fiber 1 at least one side of which is provided with the porous part 12 in which many fine pores 12a extending in the central axis direction of the fiber are arranged in a crystal shape and a core part 11 which is formed at the center of the porous part in a solid shape or a hollow shape are fusion spliced each other, a heating temperature for heating the end parts is set so that a temperature difference with the softening temperature of material forming the fine pores 12a is $\leq 500^{\circ}\text{C}$ and also the value of the product obtained by multiplying the temperature difference ($^{\circ}\text{C}$) by a heating time (sec) is set at 50 to 2,000, and fusion splicing is performed.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-148468
(P2002-148468A)

(43) 公開日 平成14年5月22日 (2002.5.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F 1	テ-マコ-ト* (参考)		
G 0 2 B	6/255	C 0 2 B	6/10	A	2 H 0 3 6
	6/10		6/20	Z	2 H 0 5 0
	6/20		6/24		3 0 1

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-341754(P2000-341754)

(22) 出願日 平成12年11月9日(2000.11.9)

(71) 出願人 000003263

三菱電線工業株式会社

兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 山取 真也

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 10007/931

弁理士 前田 弘 (外7名)

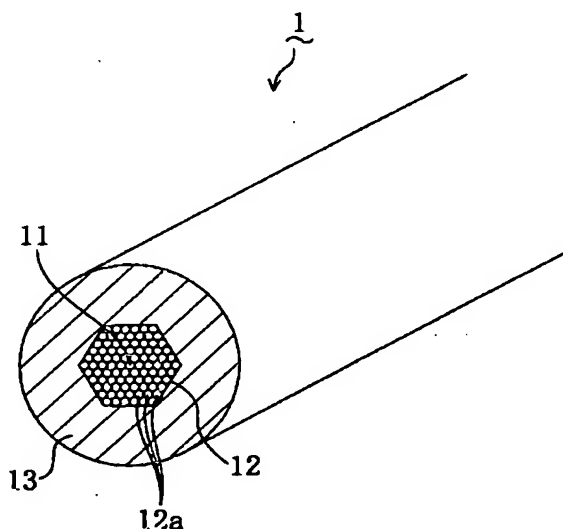
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトニッククリスタルファイバの融着方法

(57) 【要約】

【課題】 フォトニッククリスタルファイバの多孔部の構造を壊すことなく確実に融着する。

【解決手段】 少なくとも一方が、ファイバの中心軸方向に延びる多数の細孔12aが結晶状に配列された多孔部12と、多孔部の中心に中実状又は中空状に形成されたコア部11とを有するフォトニッククリスタルファイバ1である一対のファイバの端部同士を融着させる際に、端部を加熱する加熱温度を、細孔12aを形成する材料の軟化温度との温度差が500℃以下にすると共に、温度差(℃)と加熱時間(sec)との積の値を50以上2000以下にして融着する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対のファイバの内の少なくとも一方が、ファイバの中心軸方向に延びる多数の細孔が結晶状に配列された多孔部と該多孔部の中心に中実状又は中空状に形成されたコア部とを有するフォトニッククリスタルファイバである該一対のファイバの端部同士を加熱融着させるフォトニッククリスタルファイバの融着方法であって、

上記ファイバの端部の加熱温度を、上記細孔を形成する材料の軟化温度との温度差が50℃以下になるように設定することを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの融着方法。

【請求項2】 請求項1において、ファイバの端部の加熱時間（単位：sec）と温度差（単位：℃）との積の値が50以上2000以下となるように設定することを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの融着方法。

【請求項3】 請求項1又は請求項2において、ファイバの端部の加熱は、電気抵抗発熱体によって行うことを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの融着方法。

【請求項4】 請求項1又は請求項2において、ファイバの端部の加熱は、放電によって行うことを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの融着方法。

【請求項5】 請求項1～請求項4のいずれかにおいて、一対のファイバの双方がフォトニッククリスタルファイバであって、上記一対のフォトニッククリスタルファイバの端部同士を、その細孔の位置を互いに一致させた状態で融着することを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの融着方法。

【請求項6】 請求項5において、多孔部が断面略六角形状を有しており、一対のフォトニッククリスタルファイバの端部同士を、上記多孔部の六角形状を観察しながら上記フォトニッククリスタルファイバを中心軸回りに回転させることによって、上記略六角形状の多孔部の向きを互いに一致させた状態で融着することを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの融着方法。

【請求項7】 請求項1～4のいずれかにおいて、一対のファイバの内の一方がフォトニッククリスタルファイバであって、他方がモードフィールド径が長手方向に変化した単一モード光ファイバであり、上記一対のファイバの端部同士を、上記光ファイバの端部におけるモードフィールド径が上記フォトニッククリスタルファイバのモードフィールド径に略一致するように融着することを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの融着方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、フォトニッククリスタルファイバ同士、又はフォトニッククリスタルファイバと通常の光ファイバとの融着方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、コア及びクラッドからなる通常の光ファイバでは得ることのできない大きな波長分散を発現するものとしてフォトニッククリスタルファイバが注目されつつある。このものは、ファイバの中心軸方向に延びる多数の細孔が結晶状に配列された多孔部と、該多孔部の中心に中実状又は中空状に形成されたコア部とを備えている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、通常の光ファイバの端部同士を融着する際には予加熱融着方法が一般的に用いられている。

【0004】この予加熱融着方法は、次の手順で行われる。つまり、一対の光ファイバにおけるコア部の位置を互いに一致させてその端部同士を互いに相対向させた状態にする。次いで、上記端部同士を突き合わせる前に放電によって上記端部を流動性が生じる程度にまで加熱溶融して各端部の成形を行う。そして、上記一対のファイバの端部同士を突き合わせた上で、再び放電によって接続部分を加熱溶融し上記一対の光ファイバの端部を融着する。

【0005】ところが、例えば一対のフォトニッククリスタルファイバの端部同士又はフォトニッククリスタルファイバと通常の光ファイバの端部同士の融着に、上記予加熱融着方法を適用すると、ファイバの端部が加熱される温度である加熱温度が極めて高温であるため、上記フォトニッククリスタルファイバに形成された多数の細孔が塞がれてしまったり、上記細孔の結晶状配列が崩壊してしまったりする虞がある。このように上記ファイバの融着部において多孔部の構造が壊れてしまうと、フォトニッククリスタルファイバとして設計されていたバンドギャップ構造が失われ、正常に伝送が行われなくなったり、融着部における接続損失が大きくなったりする等の不都合が生じる虞がある。

【0006】本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、フォトニッククリスタルファイバの多孔部の構造を壊すことなく確実に融着させることにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、ファイバの端部の加熱温度及び加熱時間を調整することによって、フォトニッククリスタルファイバの多孔部の構造を壊すことなく確実に融着することとした。

【0008】具体的に、請求項1記載の発明は、一対のファイバの内の少なくとも一方が、ファイバの中心軸方

向に延びる多数の細孔が結晶状に配列された多孔部と該多孔部の中心に中実状又は中空状に形成されたコア部とを有するフォトニッククリスタルファイバである該一對のファイバの端部同士を加熱融着させるフォトニッククリスタルファイバの融着方法を対象とする。

【0009】そして、上記ファイバの端部の加熱温度を、上記細孔を形成する材料の軟化温度との温度差が500℃以下になるように設定することを特定事項とするものである。

【0010】ここで、上記フォトニッククリスタルファイバの細孔を形成する材料としては、例えば石英(SiO₂)としてもよい。

【0011】請求項1記載の発明によると、細孔を形成する材料の軟化温度と加熱温度との温度差が比較的小さいため、該加熱温度でファイバの端部を加熱しても流動化が生じない。このため、フォトニッククリスタルファイバの細孔を潰したり、該細孔の結晶状配列を崩壊させたりすること等の多孔部の構造の破壊が回避されると共に、ファイバの端部同士を確実に融着することが可能になる。

【0012】ここで、上記加熱温度と軟化温度との温度差は、請求項1記載の如く500℃以下が好ましく、より好ましくは400℃以下である。そして、上記温度差を300℃以下とすれば、多孔部の構造の破壊をより確実に防止しつつ、ファイバの端部を確実に融着することが可能になる。

【0013】そして、請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、ファイバの端部の加熱時間(単位:sec)と、温度差(加熱温度と軟化温度との温度差(単位:℃))との積の値を50以上2000以下となるように設定することを特定事項とするものである。

【0014】すなわち、温度差が大きいときは加熱時間を短くする一方、温度差が小さいときは加熱時間を長くするのがよい。これにより、多孔部の構造を破壊することなく、ファイバの端部同士をより一層確実に融着することが可能になる。

【0015】尚、上記積の値は、細孔を構成する材料に応じて上記の範囲で調整するのがよい。

【0016】このような融着を行う際のファイバの端部の加熱は、請求項3記載の如く、電気抵抗発熱体によって行うのがよい。

【0017】請求項3記載の発明によると、加熱温度の制御が容易になると共に、ファイバ端部を緩やかにかつ比較的低温で加熱することが可能になる。その結果、フォトニッククリスタルファイバの多孔部の構造を破壊することなく、ファイバの端部同士をより確実に融着することが可能になる。

【0018】また、請求項4記載の如く、ファイバの端部の加熱を、放電によって行ってもよい。

【0019】請求項5記載の発明は、一對のファイバの

双方がフォトニッククリスタルファイバである場合に適した方法であり、具体的には、上記一對のフォトニッククリスタルファイバの端部同士を、その細孔の位置を互いに一致させた状態で融着することを特定事項とするものである。

【0020】すなわち、フォトニッククリスタルファイバの端部同士を接続する際には、該一對のフォトニッククリスタルファイバのコア部の位置を互いに一致させるのに加えて、上記一對のフォトニッククリスタルファイバの細孔の位置を互いに一致させた上で端部同士を融着するようにするのがよい。

【0021】これにより、融着された接続部の断面における電界分布(電磁界分布)が互いに一致し、接続損失の低減化等が図られると共に、接続端面における中実部分(細孔以外の部分)の全てが融着されることになり、機械的な強度の向上も図られる。

【0022】この細孔の位置を互いに一致させた状態で融着する方法としては、例えば請求項6記載の如く、多孔部が断面略六角形状を有している場合、一對のフォトニッククリスタルファイバの端部同士を、上記多孔部の六角形状を観察しながら上記フォトニッククリスタルファイバを中心軸回りに回転させることによって、上記略六角形状の多孔部の向きを互いに一致させた状態で融着してもよい。

【0023】このように多孔部の形状を観察することによって、コア部の位置及び細孔の位置を互いに一致させることが容易になる。

【0024】上記請求項5又は請求項6記載の発明に対し、一對のファイバの内的一方がフォトニッククリスタルファイバであって、他方がモードフィールド径が長手方向に変化した単一モード光ファイバである場合には、例えば請求項7記載の如く、上記一對のファイバの端部同士を、上記光ファイバの端部におけるモードフィールド径が上記フォトニッククリスタルファイバのモードフィールド径に略一致するように融着するのがよい。

【0025】このように融着端部におけるモードフィールド径を互いに略一致させることで、接続損失の低減化等が図られる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明におけるフォトニッククリスタルファイバの融着方法によれば、加熱温度を比較的低温にすることによって、多孔部の構造を破壊させることなく、フォトニッククリスタルファイバ同士又はフォトニッククリスタルファイバと通常の光ファイバとを確実に融着することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。

【0028】図1は、本発明の実施形態に係るフォトニッククリスタルファイバ1を示し、該フォトニッククリ

スタルファイバ1は、ファイバ中心を長手方向に延びかつ中実状に形成されたコア部11と、該コア部11の外周部を囲むように設けられ、該コア部に沿って延びる多数の細孔12aを有する多孔部12と、これらを被覆するように設けられたサポート部13とを備えている。

【0029】上記フォトニッククリスタルファイバ1の製造方法を図2により説明する。

【0030】すなわち、 SiO_2 製の円柱体の中心部に断面正六角形の孔2aを中心軸に沿って設けたサポート管2と、互いに同一径を有する複数本の円筒状の SiO_2 製キャピラリ3と、これらキャピラリ3と同一径を有する1本の円柱状の SiO_2 製コア部材4とを準備する。

【0031】そして、上記キャピラリ3を上記サポート管2の正六角形状孔2a内に充填していく。このとき、この正六角形状孔2aの内壁における一つの面に対してキャピラリ3を並列に並べるようにして第1層を形成し、該形成された第1層における相隣接する一対のキャピラリ3、3の間に新たなキャピラリ3を載置していくようにして、続く第2層を形成する。このようなキャピラリ管の載置を繰り返すことによって上記正六角形状孔2a内にキャピラリ3を結晶状に配列させて充填するが、上記正六角形状孔2aの中心位置には、キャピラリ3ではなくてコア部材4を配置しておく。

【0032】以上の工程により、サポート管2内にキャピラリ3が結晶状に配列した状態で充填されかつその中心位置にコア部材4が配置されたフォトニッククリスタルファイバのプリフォーム5が完成する。

【0033】上記プリフォーム5は、線引き炉内で加熱した後延伸する線引き加工を施して細径化（ファイバ化）する。この線引き加工の際に隣接するキャピラリ3、3同士、上記キャピラリ3とサポート管2、及びキャピラリ3とコア部材4とは互いに融着して一体化される。その結果、図1に示すように、ファイバ中心を長手方向に延びかつ中実に形成されたコア部11と、該コア部11を囲むように上記コア部11に沿って延びる多数の細孔12a結晶状に配列して設けられた多孔部12と、これらを被覆するサポート部13とを備えたフォトニッククリスタルファイバ1が完成する。

【0034】尚、上記フォトニッククリスタルファイバの製造方法としては、上記に限るものではない。

【0035】次に、上記フォトニッククリスタルファイバ1の端部同士の融着方法について説明しつつ、実施形態の作用・効果について説明する。

【0036】図3は、上記一対のフォトニッククリスタルファイバ1、1の端部同士を融着させる抵抗融着装置6を示していて、このものは、略Ω状の電気抵抗発熱体61と、該発熱体61を挟んだ両側に配設された一対のファイバガイド62、62とを備えている。

【0037】まず、各フォトニッククリスタルファイバ

1を各ファイバガイド62に形成されたV溝62a内に載置する。

【0038】そして、例えば通常の光ファイバ同士の融着の際にコアの位置合わせのために行われるコア直視法によって、上記フォトニッククリスタルファイバ1のコア部11の位置合わせ及び細孔12aの位置合わせを行う。すなわち、上記フォトニッククリスタルファイバ1に対して中心軸方向に直交する方向から光をあてることによってコア部11及び細孔12aの位置を確認しながら、上記フォトニッククリスタルファイバ1を中心軸周りに回転させることによって、上記一対のフォトニッククリスタルファイバ1、1のコア部11、11の位置を互いに一致させると共に、細孔12a、12aの位置を互いに一致させる。

【0039】尚、上記フォトニッククリスタルファイバ1、1のコア部11、11の位置合わせは、例えば次のようにしてもよい。

【0040】すなわち、上記と同様に、フォトニッククリスタルファイバ1に対して中心軸方向に直交する方向から光をあてることによって、断面正六角形状の多孔部12の像を観察し、上記フォトニッククリスタルファイバ1を中心軸回りに回転させることによって、上記多孔部12の向きを互いに一致させ、さらに、コア部11、11の位置を互いに一致させてもよい。

【0041】また、上記コア部11、11の位置合わせは、上記コア直視法の他に、通常の光ファイバの融着に用いられているパワーモニター法を用いてもよい。

【0042】こうしてコア部11、11の位置及び細孔12a、12aの位置が互いに一致すれば、上記一対のフォトニッククリスタルファイバ1、1を中心軸方向に移動させて上記発熱体61の位置でその端部同士を突き合わせた状態にする。

【0043】そして、この状態で上記発熱体61を通電することによって、上記一対のフォトニッククリスタルファイバ1、1の端部を加熱し、その端部を軟化させて両者1、1を融着させる。

【0044】このとき、上記加熱温度は、 SiO_2 の軟化温度との温度差が50℃以下であるのがよく、このようにすれば、フォトニッククリスタルファイバ1の細孔12aを潰したり、細孔12aの結晶構造を破壊させたりすることなく、融着を行うことができる。

【0045】上記温度差としては、より好ましくは40℃以下とすればよく、上記温度差を30℃以下とすれば、フォトニッククリスタルファイバ1の上記多孔部12の構造の破壊を確実に回避しつつ、端部同士の融着を確実に行うことができる。

【0046】尚、上記加熱温度は、例えば電気抵抗発熱体61の電力値から検知してもよいし、ファイバ端部の色温度で検知してもよい。

【0047】また、上記温度差と加熱時間との関係は、

該温度差が大きい程加熱時間を短くするのがよく、例えば図4に示すように、上記加熱温度を T_h (単位: $^{\circ}\text{C}$)、 SiO_2 の軟化温度を T_c (単位: $^{\circ}\text{C}$)とし、加熱時間を Time (単位: sec)としたときに、 $50 \leq (T_h - T_c) \times \text{Time} \leq 2000$ となるようにするのがよい。

【0048】このようにすれば、多孔部12の構造を破壊することなく、フォトニッククリスタルファイバ1の端部同士をより一層確実に融着することができる。

【0049】尚、上記積の値 $((T_h - T_c) \times \text{Time})$ は、細孔12aを構成する材料に応じて上記の範囲で調整するのがよい。

【0050】また、フォトニッククリスタルファイバ1、1の端部同士の融着に抵抗融着装置6を用いることによって、加熱温度の制御が容易になると共に上記端部の温度上昇が緩やかになりかつ該端部を比較的低温で加熱することができる。その結果、多孔部12の構造を崩壊させることなく、フォトニッククリスタルファイバ1、1の端部同士を確実に融着することができる。

【0051】また、一対のフォトニッククリスタルファイバ1、1のコア部11、11及び細孔12a、12aの位置を互いに一致させた上で、上記フォトニッククリスタルファイバ1、1の端部同士を融着することによって、融着部の断面における電界分布(電磁界分布)が互いに一致し、接続損失の低減化等を図ることができると共に、接続端面における中実部分(細孔12aを除く多孔部12、コア部11及びサポート部13)の全てが融着されることになり、機械的な強度の向上を図ることができる。

【0052】尚、上記実施形態では、フォトニッククリスタルファイバ1、1の端部同士の融着について説明したが、これに限らず、フォトニッククリスタルファイバ1と、コア及びクラッドを有する通常の光ファイバとの融着の際にも本実施形態に係る融着方法を適用してもよい。この場合も、フォトニッククリスタルファイバ1の多孔部の構造を破壊することなく、上記フォトニッククリスタルファイバ1と通常の光ファイバとの融着を確実に行うことができる。

【0053】このように、フォトニッククリスタルファイバ1と、通常の光ファイバとの融着の際も、上記コア直視法又はパワーモニター法によって、両ファイバの軸合わせを確実に行うことができる。

【0054】また、フォトニッククリスタルファイバ1と、通常の光ファイバ(特に、モードフィールド径が長手方向に変化した単一モード光ファイバ)との融着の場合は、上記一対のファイバの端部同士を、上記光ファイバの端部におけるモードフィールド径が上記フォトニッククリスタルファイバ1のモードフィールド径に略一致するように融着するのがよい。このようにすれば、接続損失の低減化を図ることができる。

【0055】<他の実施形態>上記実施形態では、フォトニッククリスタルファイバ1のコア部11を中実状としたが、上記コア部11は中空状であってもよい。コア部11が中空状に形成されたフォトニッククリスタルファイバを製造するには、そのプリフォームを製造する際に、コア部材4を配置しないで空隙とし、キャピラリ3のみをサポート管2の正六角形状孔2a内に充填するようにしてもよいし、キャピラリ3及びコア部材4を上記正六角形状孔2a内に充填した後に上記コア部材4のみを正六角形状孔2a内から抜いて空隙を形成するようにしてもよい。

【0056】また、上記実施形態では、電気抵抗発熱体61によって、フォトニッククリスタルファイバ1、1の端部を加熱するようにしているが、これに限らず、加熱温度が、上記細孔12aを形成する材料の軟化温度との温度差が 500°C 以下になるように設定すると共に、 $50 \leq (T_h - T_c) \times \text{Time} \leq 2000$ を満たすのであれば、放電によってフォトニッククリスタルファイバ1、1の端部を加熱してもよい。

【0057】さらに、コア部11及び細孔12aの位置合わせを容易にするには、例えば図5に示すように、フォトニッククリスタルファイバ1のサポート部13にマーカー13a、13aを設けてもよい。つまり、例えばサポート部13における多孔部12'を挟んだ両側位置に、上記フォトニッククリスタルファイバ1の長手方向に延びるようにマーカー13a、13aを設け、コア部11及び細孔12aの位置合わせを、このマーカー13a、13aの像を観察することによって行うようにしてもよい。このマーカー13aは、空隙、又はサポート部13とは屈折率が異なるものとすればよい。これは特に、融着させるフォトニッククリスタルファイバ1が、多孔部12'が断面略円形状に形成されたフォトニッククリスタルファイバ1である場合に有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】フォトニッククリスタルファイバを示す斜視図である。

【図2】フォトニッククリスタルファイバのプリフォームを示す断面図である。

【図3】抵抗融着装置を示す斜視図である。

【図4】加熱温度と軟化温度との温度差に対する加熱時間の関係を示す斜視図である。

【図5】マーカーを設けたフォトニッククリスタルファイバを示す断面図である。

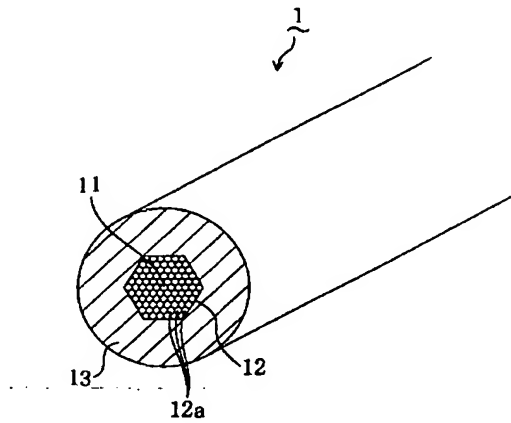
【符号の説明】

- | | |
|---|-----------------|
| 1 | フォトニッククリスタルファイバ |
| 2 | サポート管 |
| 3 | キャピラリ |
| 4 | コア部材 |
| 5 | プリフォーム |
| 6 | 抵抗融着装置 |

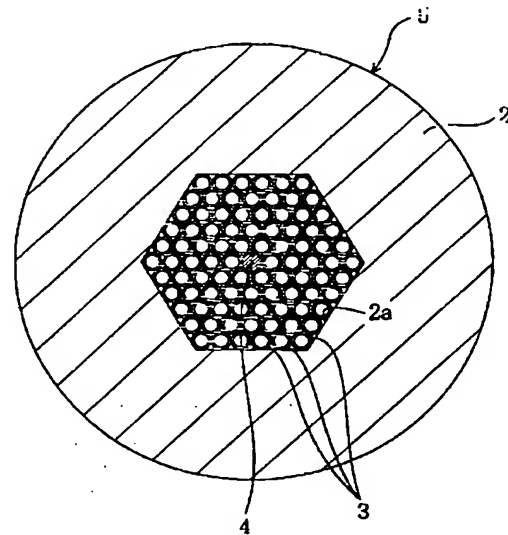
11 コア部
12, 12' 多孔部
13 サポート部
61 電気抵抗発熱体

62 ファイバガイド
2a 正六角形状孔 (プリフォーム)
12a 細孔
62a V溝

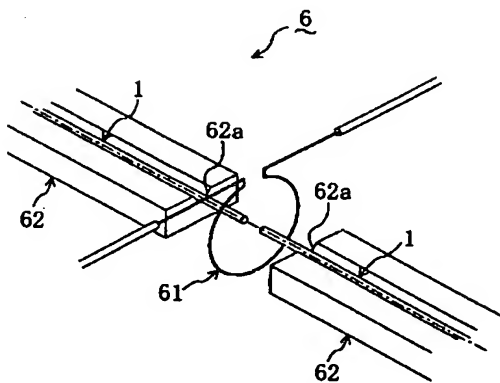
【図1】



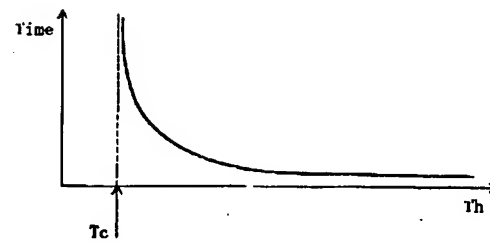
【図2】



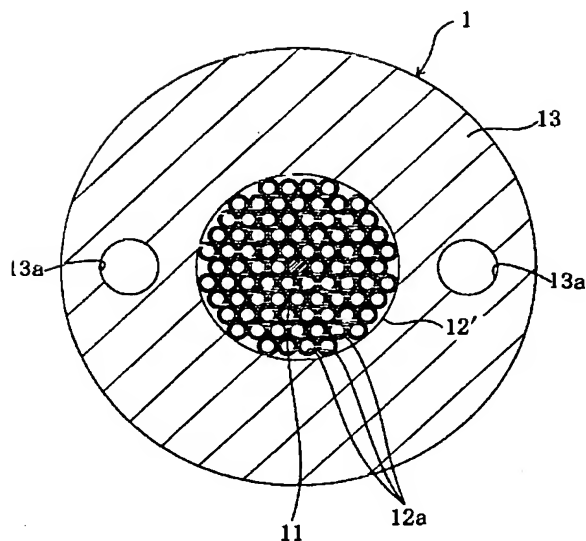
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 ▲吉▼田 実
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内
(72)発明者 小柳 繁樹
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内
(72)発明者 田中 正俊
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 中沢 正隆
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
(72)発明者 久保田 寛和
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
(72)発明者 川西 悟基
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
Fターム(参考) 2H036 MA12 MA13 MA17 NA09
2H050 AB04Z AC62

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.